

Els fongs anaerobis del rumen: *Neocal·limastigomicots*

Autora: Maria Otín Alarcón

Universitat Autònoma de Barcelona, Grau en Biologia 2012 - 2013

Què són aquests fongs?

Els *Neocal·limastigomicots*, abans classificats dins el filum dels Quítridiomicets, van ser elevats a l'estatus d'un nou filum (2) format per sis gèneres: *Caecomyces*, *Piromyces*, *Neocallimastix*, *Anaeromyces*, *Orpinomyces* i *Cyllamyces* (Figura 1). Tots ells presenten un cicle biològic de dues fases: unes zoòspores mòbils en el fluid del rumen i una fase vegetativa en forma de tal·lus amb esporangis. Serà aquesta estructura la que envairà la paret cel·lular vegetal per obtenir els carbohidrats. Aquests fongs habiten en el rumen de molts herbívors i, com és comú en molts eucariotes adaptats a ambients anaeròbics, són incapaços de produir energia per respiració. En canvi, poden obtenir-la mitjançant la fermentació anaeròbica per la via de l' àcid mixta d'aquests carbohidrats (10). Es caracteritzen per tenir hidrogenosomes en lloc de mitocondries i el que és més important, uns potents enzims, com cel·lulases i hemicel·lulases, capaços de degradar els elements de difícil digestió de les fibres vegetals de les dietes dels remugants. Aquesta capacitat de degradació dels polisacàrids va situar als fongs anaeròbics del rumen com a principals colonitzadors de les fibres per davant de bacteris i protozoous com es pensava anteriorment. És gràcies a aquest potencial el motiu pel qual estan sent actualment utilitzats per solucionar problemes de fermentació i degradació en diversos sectors industrials.

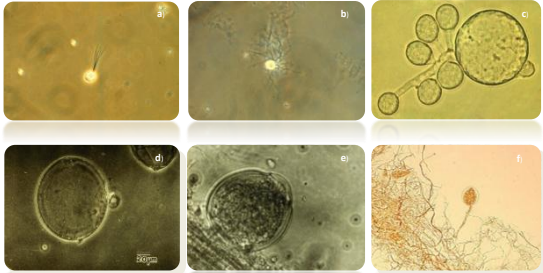


Figura 1 a) Zoòspora *Neocallimastix*, b) *Piromyces*, c) *Cyllamyces*, d) *Caecomyces*, e) *Orpinomyces*, i g) *Anaeromyces*

Visió actual: aplicacions en la indústria ramadera

L'ús d'enzims exògens en la indústria ramadera ha anat prenent rellevància en els últims anys degut a l'alt cost que suposa l'aliment d'aquests herbívors. Els resultats de molts estudis han permès demostrar una clara evidència de l'acció d'aquests enzims, productes de la fermentació fúngica, en la millora de la digestió dels components vegetals de difícil degradació. Basant-se en termes de producció, l'interès es centra en reduir la quantitat de menjar requerit per quilogram de pes guanyat o llet produïda, així que caldrà augmentar la utilització de l'energia ingerida i millorar el valor nutricional dels aliments.

Resposta dels remugants als enzims

- Increment de pes (Taula 1):

Administrant complexos enzimàtics a la dieta d'aquests animals es van obtenir bons resultats a l'hora d'augmentar el pes i qualitat de la carn gràcies a una millor assimilació de les fibres vegetals. Quan s'administraven enzims fúngics al menjar, la matèria seca ingerida disminuïa significativament per cada quilogram guanyat (1, 9). Per altra banda, tenint en compte els valors de la digestibilitat, s'observa un augment de l'aprofitament del menjar (6). Però no tots els resultats van ser positius ja que en altres experiments no es mostrava evidència de que aquests enzims milloressin l'ús i assimilació de les fibres vegetals (5).

Per altra banda, quan s'estudiaven les variables d'acció dels enzims, els resultats respecte l'increment de pes presentaven grans diferències. L'ús dels enzims sobre diferents substrats, a diferents dosis o introduïts en moments diferents no mostraven les mateixes respostes.

- Increment de la producció de llet i canvis en la seva composició (Taula 2):

Al tractar els aliments amb enzims es va observar un augment notable en la producció de llet (4, 7, 8, 11) arribant a obtenir fins a un 16% més de llet al dia (6,3 Kg/d) (4) a més de canvis en la seva composició (4, 7, 11). En contrast, altres estudis (3) van donar resultats negatius ja que no s'observava cap canvi significatiu.

Els factors implicats en les diferències de resposta dels enzims també eren evidents en la producció de llet.

Limitacions dels enzims exògens

Que alguns d'aquests resultats presentin tantes diferències o no mostrin una millora en el rendiment pot ser degut a que el mètode d'acció dels enzims dels remugants encara és en gran mesura desconegut. Cal tenir en compte, aleshores, diversos factors per a que l'aprofitament d'energia sigui el més elevat possible:

- Condicions fisiològiques del bestiar i de l'experiment.
- Especificitat dels enzims amb el substrat.
- Dosi enzims: A dosis altes o baixes són menys eficients.
- Moment i mètode d'introducció: millors resultats quan són introduïts directament sobre el menjar que no aplicats directament al rumen.
- [sulfur]: A més sulfur, més acció dels enzims.
- pH: Cada enzim actua en un pH diferent.

Referències

- Dey, A., J. P. Sehgal, A. K. Puriya, and K. Singh. 2004. Influence of anaerobic fungal culture (*Orpinomyces* sp.) administration on growth rate, ruminal fermentation and nutrient digestion in calves. *J. Anim. Sci.* 17: 820-824
- Griffith, G. W., S. Baker, K. Fliegerova, A. Ligenstoffer, M. van der Giesen, K. Voigt, and G. Beakes. 2010. Anaerobic fungi: *Neocallimastix* sp. *IMA Fungus*. 1(2): 183-185
- Knowlton, K. J., J. L. McKinney, and C. Cobb. 2002. Effect of a Direct-Fed Fibrilolytic Enzyme Formulation on Nutrient Intake, Partitioning, and Excretion in Early and Late Lactation Holstein Cows. *J. Dairy Sci.* 85: 3328-3335
- Lewis, G. E., W. K. Sánchez, C. W. Hunt, M. A. Guy, G. T. Pritchard, B. J. Swanson, and R. J. Treacher. 1999. Effect of direct-fed fibrilolytic enzymes on the lactational performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82(9): 413-417
- McAllister, T. A., J. J. Goetting, T. B. Prip, Z. Mei, L. Li, D. A. Nisbet, R. J. Treacher, and K. L. Cheng. 1999. Effect of exogenous enzymes on digestibility of barley silage and growth performance of feedlot cattle. *Canadian J. Anim. Sci.* 79(9): 353-360
- Paul, S. D., N. Kama, V. B. Saitty, N. P. Sathu, and N. Agarwal. 2004. Effect of anaerobic fungi on *in vitro* feed digestion by mixed rumen microflora of buffalo. *Ind. J. Vet. Res.* 41(6): 313-319
- Rode, L. M., W. Z. Yang, and K. A. Beauchemin. 1999. Fibrilolytic enzyme supplements for dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 82: 2121-2126
- Saxena, S., J. P. Sehgal, A. K. Puriya, and K. Singh. 2010. Effect of administration of rumen fungi on production performance of lactating buffaloes. *Beneficial Microbes*. 3(2): 183-188
- Sehgal, J. P., D. J. K. Puriya, and K. Singh. 2008. Influence of anaerobic fungal administration on growth, rumen fermentation and nutrient digestion in female buffaloes. *J. Anim. Sci.* 17: 510-518
- Trind, A. P., D. R. Davies, K. Gull, M. Lawrence, B. B. Nielsen, A. Rickers, and M. K. Theodorou. 1994. Anaerobic fungi in herbivorous animals. *Mycological Research*. 98(2): 129-152
- Yang, W. Z., K. A. Beauchemin, and L. M. Rode. 2000. A comparison of methods of adding fibrilolytic enzymes to lactating cow diets. *J. Dairy Sci.* 83: 2512-2520

| | (9) Sehgal et al. (2008) | | (1) Dey et al. (2004) | | (6) Paul et al. (2004) | | (5) McAllister et al. (1999) | |
|----------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|------------------------------------------|------------------------------|----------------------|
| | Control | Tractament (<i>Neocallimastix</i> sp.) | Control | Tractament (<i>Orpinomyces</i> sp.) | Control | Tractament (<i>Piromyces</i> sp.: FNGS) | Control | Tractament enzimàtic |
| Pes corporal inicial (Kg) | 121.55 | 122.63* | 131.0 | 128.7* | - | - | 269.3 | 263.8* |
| Pes corporal final (Kg) | 168.37 | 182.02 | 186.3 | 192.5* | - | - | 427.7 | 426.6* |
| Pes corporal guanyat (Kg) | 46.82 | 59.38 | 55.3 | 63.8 | - | - | 158.4 | 162.8* |
| Pes corporal guanyat/dia (g) | 520.18 | 659 | 614.8 | 709.3 | - | - | 1.32 | 1.36 |
| Total DMI (Kg) | 372.93 | 370.46* | 366.78 | 363.79* | - | - | 928.8 | 928.8* |
| DMI/dia (Kg) | 4.14 | 4.12* | 4.08 | 4.04* | - | - | 7.74 | 7.74* |
| FCR (Kg DMI / Kg pes corporal guanyat) | 7.96 | 6.23 | 6.62 | 5.69 | - | - | 5.93 | 5.77* |
| Digestibilitat real (%) | - | - | - | - | 35.37 | 43.64 | - | - |
| Nº zoòspores / ml | 1.36 x 10 ⁵ | 3.83 x 10 ⁵ | 1.08 x 10 ⁵ | 2.42 x 10 ⁵ | - | - | - | - |

Taula 1: Efectes en el consum i digestió dels aliments dels remugants al complementar les dietes amb enzims
DMI (Dry matter intake): matèria seca ingerida.
FCR (Feed conversion ratio): Menjar requerit (kg) per guanyar 1 kg de pes.
Digestibilitat real (vertible) = [(DM S, aliment M.S. - fomes d'origen alimentari) / M.S. aliment] x 100
*NS respecte el control

| | | (4) Lewis <i>et al.</i> (1999) | | (7) Rode <i>et al.</i> (1999) | | (11) Yang <i>et al.</i> (2000) | | (8) Saxena <i>et al.</i> (2010) | | (3) Knowlton <i>et al.</i> (2002) | | |
|-------------------------------|--|-----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|--------------------------------|-------------------|---------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------------|--------------------|
| | | Control | T. enzims | Control | T. enzims | Control | T. enzims | Control | T. amb <i>Orpinomyces</i> | T. amb <i>Piromyces</i> | Control | T. enzims |
| Llet produïda (Kg/d) | | 39.6 | 45.9 | 35.9 | 39.5 | 35.3 | 37.4 | 8.03 | 8.42 | 8.48 | 41.1 | 42.9* |
| 4%/6% FCM (Kg/d) | | - | - | - | - | 31.5 ^a | 32.5 ^a | 9.58 ^b | 10.28 ^b | 10.48 ^b | 35.7 ^{a*} | 37.5 ^{a*} |
| Composició de la llet (%): | | | | | | | | | | | | |
| Greixos | | 3.99 | 4.00* | 3.87 | 3.37 | 3.34 | 3.19 | 7.68 | 7.90 | 8.02 | 3.11 | 3.14* |
| Proteïna | | 2.95 | 2.88 | 3.24 | 3.03 | 3.18 | 3.13 | 4.24 | 4.27* | 4.50* | 3.00 | 3.07* |
| Lactosa | | 4.89 | 4.92 | 4.73 | 4.62 | 4.65 | 4.65* | - | - | - | 4.85 | 4.88* |

Taula 2: Efectes en la producció de llet dels remugants al complementar les dietes amb enzims
T. enzims: tractament enzimàtic amb *Orpinomyces* i *Piromyces*
a 4% FCM: llet corregida per 4% de greix
b 6% FCM: llet corregida per 6% de greix
*NS respecte el control

Conclusions

El descobriment dels fongs anaeròbics del rumen i el seu potencial per degradar les fibres vegetals gràcies als enzims segregats va obrir noves portes en el sector de la producció animal. Diverses investigacions han demostrat que aquests enzims fúngics proporcionen una millora en l'energia aprofitada després de cada ingestió. Per tant, en termes econòmics suposen una disminució de la matèria ingerida per pes guanyat. Però no tots els estudis han obtingut bons resultats a l'hora de l'aplicació d'aquests enzims ja que alguns no presentaven canvis significatius després del seu subministrament. Això pot ser degut a que, en ser investigacions recents, les condicions experimentals no són del tot bones i les variables d'acció d'aquests enzims encara no estan ben definides. Per tant, els resultats no són 100% fiables, la qual cosa ha obstaculitzat l'adopció que s'esperava dels enzims en la producció de remugants, tot i que en monogàstrics ja han sigut acceptats i estan sent utilitzats actualment. Així que calen noves investigacions en el paper d'aquests fongs en l'augment d'assimilació de les fibres vegetals per poder oferir el màxim potencial possible dels seus enzims.